



INVESTIGACIÓN

---



## **Estrategias urbano ambientales emergentes. Proyectando la captura pluvial para Cuernavaca**

*Rafael Monroy-Ortiz*

*Juan Manuel Figueroa Mendiola*

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

### **Resumen**

La provisión de agua para la ciudad es un importante reto por resolver. El urbanismo o la planeación son centrales para incorporar estrategias urbano ambientales que cumplan dicho propósito. Si bien el aprovisionamiento se ha reducido a la búsqueda de nuevas fuentes o a la instalación de infraestructura de mayor capacidad, éstos no son una práctica preventiva o siquiera de mitigación. Por el contrario, son una causa importante de la vulnerabilidad urbana. En este trabajo se provee una estrategia metodológica para la captura pluvial, y el aprovechamiento de agua para la ciudad de Cuernavaca, con base en la cual se aborden sus principales contingencias: la falta de disponibilidad de agua y los crecientes costos de restauración derivados de eventos hidrometeorológicos. Las estrategias de captura pluvial no son comunes en el sistema urbano nacional, como si lo es la necesidad de resolver los problemas de disponibilidad locales. Por tanto, la proyección de captura pluvial es potencialmente necesaria, pero además resulta una posibilidad para encauzar la inversión pública o el gasto para la atención de desastres. En caso contrario, los costos de restauración serán crecientes, y se manifestarían serias dificultades para la sociedad.

Palabras clave: estrategias urbano ambientales, captura pluvial, disponibilidad de agua.

## **Urban and environmental strategies. Planning for rain water collection in Cuernavaca**

### **Abstract**

*Appropriate water supply for cities is an important challenge to solve. Urban design and planning play a central role in meeting water demands through the development of urban and environmental strategies. Solutions which rely on a search for new water sources or increased infrastructure capacity do not constitute preventive or mitigation practices. On the contrary, they are a cause for urban vulnerability. This paper provides a methodology for water collection and reuse in Cuernavaca, considering two main local conditions: insufficient water supply and increasing restoration costs resulting from meteorological events. Rain water collection is far from the norm in Mexican cities, even though there are major problems in terms of local availability of water. Planning for rain water collection is not only potentially necessary, but it could also redirect public investment and disaster relief funds. A failure to do so would result in increased restoration and social costs.*

*Keywords: Urban and environmental strategies, rain water collection, water availability.*

### **Introducción**

La creciente evidencia del deterioro ambiental está estrechamente relacionada con la actividad humana. Los modelos intensivos de producción y consumo son responsables entre otras causas, de la excesiva extracción de recursos, la generación de desechos, la emisión de gases de efecto invernadero, y la modificación de la superficie terrestre.<sup>1</sup>

Tal vez el efecto más importante del cambio climático concierne al creciente estado de vulnerabilidad de la sociedad, la cual se expresa por la seria dificultad para proveerse alimento o agua y para alcanzar condiciones de vida saludables o en su defecto mitigar los efectos de los eventos<sup>2</sup> naturales. Dada su relevancia para las actividades económicas y la salud humana, la disponibilidad del agua, su estado de conservación o deterioro permiten soportar esta discusión.<sup>3</sup>

En condiciones normales, la población requiere un volumen *per cápita* mínimo indispensable para mantener cierto nivel de salud. Sin embargo, el consumo está condicionado por los volúmenes disponibles en las diferentes regiones. En países africanos subsaharianos por ejemplo, las tasas de consumo se encuentran entre los 10 y 20 litros por persona diarios. En contraste, el modelo residencial norteamericano alcanza 400, mientras que

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2007, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Kingdom, 2007, p. 96.

<sup>2</sup> United Nations Environment Programme, *Global Environment Outlook GEO 4*, United Nations Environment Programme, Malta, 2007, p. 310.

<sup>3</sup> United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, *Water in a changing world. The United Nations World Water Development Report 3*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Nueva York, 2009, p. 96.

Latinoamérica y Asia promedian entre 200 y 600 litros por persona.<sup>4</sup>

Aun cuando los países estandarizan los requerimientos del recurso para proveer a la población,<sup>5</sup> se estima que el volumen mínimo razonable es de 20 litros por persona diarios,<sup>6</sup> considerando las condiciones diferenciales de disponibilidad en las regiones.

Sin embargo, la disponibilidad natural del recurso está condicionada por procesos físicos, biológicos, biogeoquímicos y humanos;<sup>7</sup> que en última instancia son responsables de la modificación del sistema hídrico global, caracterizada por una disminución de la oferta potencial.

El sistema hídrico se ve afectado por la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la erosión, la sobreexplotación de las fuentes subterráneas, las transformaciones de las cuencas por los usos de suelos agrícolas, urbanos e industriales, la fragmentación de ríos, la regulación de flujos, la intrusión salina de los acuíferos y la pérdida de humedales.<sup>8</sup>

El sistema urbano en particular, concentra poco más de la mitad de la población mundial, y es generador de la mayor

producción económica. En esta medida, se vuelve un factor esencial en la modificación del sistema hídrico global debido a que interviene en varios momentos del ciclo: la demanda urbana lleva a la sobreextracción de las fuentes subterráneas; los modelos de ocupación del territorio limitan su recarga natural; el múltiple consumo desecha volúmenes contaminados.

Para las siguientes tres décadas, la disponibilidad de agua para uso urbano se proyecta en 30% menor a la actual, considerando los cambios territoriales, los estándares de consumo y el incremento de la demanda.<sup>9</sup> El escenario de déficit en el corto y mediano plazo exige la instrumentación de políticas para modificar los tipos de ocupación del suelo, la racionalidad del aprovechamiento, así como aquellas para la recolección y el autoabasto,<sup>10</sup> que son de estricto orden urbano.

En este sentido, se analizan las condiciones de disponibilidad de agua en Cuernavaca, y con base en el análisis territorial de la ciudad, se proyecta un esquema de recolección o autoabasto, es decir un equipamiento urbano que pueda cumplir los siguientes propósitos: capturar agua

<sup>4</sup> World water Council, *World water visión. Que el agua sea asunto de todos*, World water Council, Londres, 2000, p. 11.

<sup>5</sup> En México, los reglamentos de construcción sugieren la previsión de un volumen mínimo, según el tipo de edificación. En el Distrito Federal se estima una provisión de 150 litros por persona diarios (*Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*, 2004).

<sup>6</sup> Organización Mundial de la Salud, *Informe sobre la Evaluación Mundial del Abastecimiento de Agua y el Saneamiento en 2000*, Organización Mundial de la Salud, EEUU, 2000, p. 5.

<sup>7</sup> Earth System Science Partnership, *The global water system Project. Science framework and implementation activities*, Earth System Science Partnership, Bonn, 2005, p. 32.

<sup>8</sup> C., Revenga, J. Brunner, N. Henninger, K. Kassem, R. Payne. *Pilot analysis of global ecosystems. Freshwater systems*, World Resources Institute, EEUU, 2000, p. 15.

<sup>9</sup> United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, *Water a shared responsibility. The United Nations world water development report 2*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Barcelona, 2006, p. 16.

<sup>10</sup> Keller, A., R., Sakthivadivel, D., Seckler, *Water Scarcity and the Role of Storage in Development*, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2000, p. 4.

pluvial para ser utilizada en la ciudad e infiltrar una proporción del volumen capturado; mitigar el creciente déficit del recurso en las zonas de menor nivel de ingreso; reducir los costos de restauración o resarcimiento de daños ocasionados por la intensidad de las corrientes alcanzadas en las vialidades, durante el periodo de lluvias. Dado que en el país no existe un equipamiento propiamente ambiental se introduce el concepto de Unidad de Manejo y Administración de Agua (Uma) para identificarlo, con la idea de que puede estructurarse una familia de equipamientos de tal naturaleza e incorporarlos a la normatividad.

## Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua en Cuernavaca es un factor condicionado por el funcionamiento de la ciudad, y por el proceso de expansión territorial, los cuales modifican el sistema hídrico regional. Se identifican dos elementos relevantes en tal proceso: a) los modelos de ocupación del suelo se dan principalmente sobre los acuíferos Chichinautzin y Cuernavaca, que reducen el proceso natural de recarga;<sup>11</sup> b) la demanda agregada de la ciudad<sup>12</sup> se extrae de fuentes subterráneas locales que extralimita su capacidad de recuperación.

La aglomeración en torno a Cuernavaca se localiza en la región norte de la cuenca Rio Grande Amacuzac, que por sus particularidades fisiográficas registra el mayor volumen de precipitación anual, conserva una cuarta parte de la cubierta forestal y dispone de subsuelo altamente permeable.<sup>13</sup> Sin embargo, las formaciones geohidrológicas más explotadas del estado son los acuíferos libres Chichinautzin, Cuernavaca y Tlayecac que son aquellos donde se localiza la mayor aglomeración urbana de la cuenca.

En consecuencia, la zona metropolitana de Cuernavaca presiona directamente la oferta potencial del recurso, provista por los acuíferos Chichinautzin y Cuernavaca, y cuyos volúmenes de infiltración son los más grandes de la cuenca. Además, la demanda agregada es generada por 45 % de la población total y por las actividades económicas que contribuyen con más de la mitad del Producto Interno Bruto (PIB) estatal.

La disponibilidad *per cápita* en Cuernavaca se estima en 123.58 m<sup>3</sup>/persona/año, considerando la presión en el sistema hídrico.<sup>14</sup> El volumen menor a 500 m<sup>3</sup>/persona/año afecta el desarrollo normal de la vida, debido a la falta de salud e higiene,<sup>15</sup> por lo que es posible subrayar la vulnerabilidad de que es objeto la población, y la estructura económica de la ciudad.

<sup>11</sup> La aglomeración ocasiona la desertificación del suelo sin urbanizar equivalente a 35% del área urbana, y al mismo tiempo se abandonan áreas agrícolas o se sustituye bosque, del cual subsiste una tercera parte de la cubierta original.

<sup>12</sup> La cual se estima en 46 millones de metros cúbicos al año.

<sup>13</sup> Ortega, V., "Aspectos geohidrológicos de los acuíferos del estado de Morelos", en Oswald, Úrsula. (ed), *El recurso agua en el alto Balsas*, Cuernavaca, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México, 2003, p. 100.

<sup>14</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos, *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial Sustentable*, Morelos, México, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, p. 25. Proyecto en consulta pública.

<sup>15</sup> Seckler, D., *World water demand and supply 1990 to 2025: scenarios and issues*, Sri Lanka, International Water Management Institute, 1998, p. 20.

Los impactos de la disponibilidad *per cápita* implican que el funcionamiento económico no está garantizado, pero también que la población de la ciudad es afectada en sus condiciones inmediatas de vida, lo cual se agudiza en aquellos sectores de menor nivel económico donde no existe posibilidad alguna de acceder al recurso.

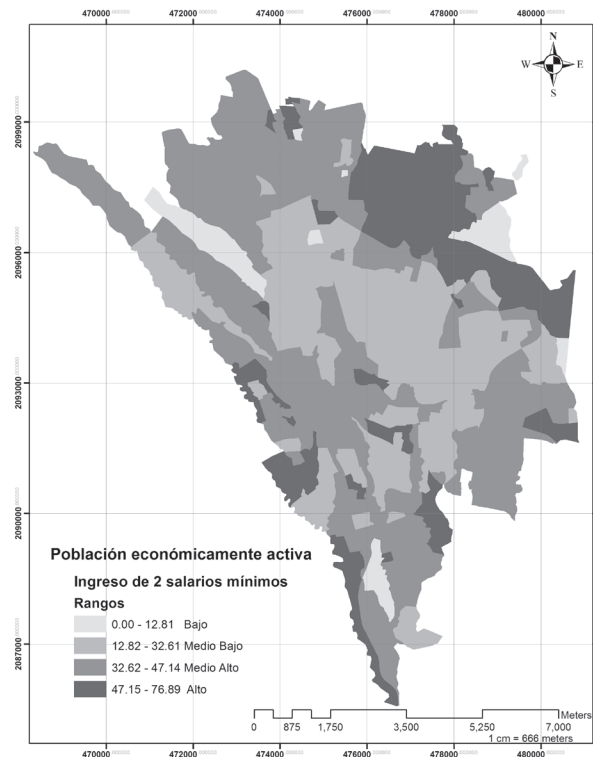
## Distribución del ingreso

La vocación de descanso o turística de Cuernavaca se materializa en actividades económicas que aportan 60% de la producción bruta municipal y ocupan a 80% de la población económicamente activa, la cual se conforma por obreros,

peones, y en general, personas ocupadas en servicios. De hecho, el suelo urbano es ocupado de manera principal por vivienda residencial y servicios asociados al turismo en donde se desempeña la mayor proporción de población económicamente activa.

Sin embargo, las ventajas urbanas en la oferta de servicios están sostenidas por una alta concentración de población con bajo nivel de calificación e ingreso. En 43% de las colonias de la ciudad por ejemplo, se registran cuatro de cada 10 habitantes con un ingreso de hasta dos salarios mínimos, que configura una organización del suelo habitacional con poco nivel de desarrollo, en torno a los servicios de la ciudad central.

Mapa 1: Predominancia de población con un ingreso de hasta dos salarios mínimos, según colonia. Elaboración propia basada en Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, 2009. [mapoteca digital]. IRIS SCINCE por colonias. II conteo de población y vivienda, 2005.



El segundo elemento que permite explicar las dificultades de la población con menor nivel de ingreso para acceder al recurso, se refleja en la proporción de vivienda que no dispone de agua potable, la cual se estima en 29% del total de viviendas habitadas de la ciudad; alrededor de 23 643. Destaca que en 25% de las colonias cuatro de cada 10 viviendas no dispone de agua potable, que involucra a 94 572 personas, mayormente población económicamente activa ocupada en servicios.

Por otro lado, la disponibilidad *per cápita* del recurso lleva implícito una distribución diferencial. En la práctica existen tanteos para la mayor parte de las colonias excepto en aquellas donde existen servicios asociados a turismo, y donde se concentra la vivienda residencial; ésta última equivalente a 6.69% del total de colonias de la ciudad.

Los escenarios de la disponibilidad en un volumen menor al necesario, y de la concentración de población sin acceso al recurso son centrales para discutir la posibilidad de instrumentar equipamientos urbanos ambientales que cumplan dos funciones: la captura de agua para reducir la extracción de las fuentes subterráneas y el abasto a los sectores más vulnerables

que son de manera principal la población económicamente activa ocupada en los servicios asociados al turismo.

## Esquema de la captura pluvial

El drenaje pluvial en México no existe sólo como estrategia para mitigar los problemas de disponibilidad de agua; en municipios aislados de siete estados<sup>16</sup> incluyendo: Baja California,<sup>17</sup> Chiapas,<sup>18</sup> Coahuila,<sup>19</sup> Chihuahua,<sup>20</sup> Durango,<sup>21</sup> Michoacán,<sup>22</sup> Veracruz<sup>23</sup>, y en el Distrito Federal<sup>24</sup> existe la captura pluvial consistente en la instalación de redes para canalizar fuera de la ciudad o para infiltrar, pero no para aprovechamiento humano. En ello descansa una de las principales ventajas de la UMA.

La evidencia demuestra que existe una proporción menor de estados en donde se considera el creciente problema de disponibilidad, y aunque existen algunas estrategias concretas para capturar agua, todavía es poco frecuente la introducción de mecanismos locales para mantener el autoabasto. En este sentido, la tecnología para capturar, purificar y distribuir ha sido desarrollada para unidades de vivienda y para poblaciones menores, por lo que la UMA viene a incorporar todos

<sup>16</sup> La revisión de esta evidencia se llevó a cabo en 573 municipios considerados urbanos por el Consejo Nacional de Población (2005). Se revisaron las políticas propuestas por programa.

<sup>17</sup> Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Mexicali. Periódico Oficial (2005).

<sup>18</sup> Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Periódico Oficial (2001).

<sup>19</sup> Plan Director de Desarrollo Urbano de Torreón, Periódico Oficial (2005).

<sup>20</sup> Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Chihuahua, Periódico Oficial (2001).

<sup>21</sup> Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Victoria de Durango, Periódico Oficial. (2000).

<sup>22</sup> Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Morelia, Periódico Oficial. (2003).

<sup>23</sup> Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada de Xalapa, Gaceta Oficial. (2002).

<sup>24</sup> Legorreta, J. *El agua y la ciudad de México. De Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2006, p. 124.

estos procesos en un solo equipamiento, además de escalarlo a lo urbano.<sup>25</sup>

De hecho, en la región hidrológica del Balsas por ejemplo, se estima un grado de presión fuerte sobre el recurso,<sup>26</sup> el cual se ve reflejado en la disponibilidad *per cápita* de Cuernavaca. Debido a ello, la posibilidad de captura pluvial se vuelve primordial para el funcionamiento del sistema urbano de cuenca. Sin embargo, las particularidades de las regiones condicionan los esquemas de captura, debido al grado de conservación de los usos del suelo, los volúmenes de precipitación, la capacidad de filtración o escorrentía y la evapotranspiración.

## Elementos de proyección

Las estrategias de captura pluvial se planean para Cuernavaca. Para alcanzar dicho propósito se consideran dos aspectos: el volumen de precipitación anual y la capacidad de captura de las vialidades de la ciudad, según el grado de pendiente. Derivado del análisis se proyecta la instalación de la Uma, en donde sea posible la captura, el tratamiento, el bombeo a la red municipal y la infiltración. En cuyo caso, es posible mitigar la sobreextracción de las fuentes locales y la limitación de la recarga, que implica menor dispo-

nibilidad del recurso para la población, y al mismo tiempo reduce los costos de restauración derivados de la precipitación.

En primera instancia, se considera como hipótesis de trabajo que el volumen de precipitación anual es susceptible de ser capturado, y que el espacio público puede cumplir múltiples propósitos, entre ellos: funcionar como superficie de captura, y para la instalación de infraestructura y equipamiento. En términos generales, el mayor volumen de agua registrado desde 1930, es de 1 792 mm, es decir, 1.79 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.<sup>27</sup> El área de las vialidades en la ciudad se estima en 13 millones de m<sup>2</sup>, las cuales tienen una captura potencial de poco más de 23 millones de m<sup>3</sup>, considerando el mayor registro de precipitación.

La pendiente de las vialidades se utiliza para determinar el emplazamiento del equipamiento urbano ambiental. Como se menciona antes, un segundo propósito es reducir los costos de restauración que se presentan en la ciudad por la precipitación. Existen múltiples formas de afectación ocasionada por los eventos naturales; en Cuernavaca predomina aquella derivada de la velocidad de los flujos que tiene importantes pérdidas materiales. En cualquier caso, los costos por restauración impactan de forma agregada a la renta nacional.<sup>28</sup>

<sup>25</sup> En términos de los procesos incorporados y de la escala la UMA se considera una propuesta híbrida, la cual no tiene antecedentes en México, excepto para pueblos pequeños o modelos experimentales, S. Garrido, M. Avilés, A. Ramírez, L.A. Barrera, A. González, L. Montellano, *et al.*, Sistema para la captación y potabilización de aguas pluviales para uso y consumo humano en comunidades rurales del norte del estado de Morelos, en *Anuario del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 2004*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2004, p.

<sup>26</sup> Comisión Nacional de Agua, *Atlas de agua en México, 2009*, México, 2009, p. 78.

<sup>27</sup> Para estimar el área de vialidades, se fotointerpretan ortofotos digitales de la ciudad (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, 2007), procesando una cartografía en la plataforma de Sistemas de Información Geográfico ARCGIS 10.

<sup>28</sup> Galindo, L.M., *La economía del cambio climático en México*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009, p. 59.



La pendiente induce la dirección del flujo por gravedad, por lo que ésta puede ser utilizada para canalizar el agua de las vialidades al equipamiento. En este sentido, 71% del área de las vialidades se concentra entre los 0 y 3° de pendiente, en donde es posible capturar el mayor volumen de precipitación.

de bombeo; h) cisterna para distribución; i) pozo de absorción.<sup>29</sup>

Dichos componentes requieren un área efectiva que depende de las variables de análisis, que para Cuernavaca son las siguientes: la demanda, que se plantea como objetivo, equivale a 29% de las viviendas, es decir 132 de 209 colonias

Cuadro 1: Vialidades según grado de pendiente y capacidad de captura de agua. Elaboración propia basada en información del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, 2009. Carta Urbana digital. Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad, 2009, [Mapoteca digital].

Pendientes Grados	Vialidades m <sup>2</sup> (miles)	Volumen m <sup>3</sup> (miles)	Porcentaje %
0 a 3	9 336.08	16 713.8	70.5
4 a 7	1 888.8	3 381.0	14.2
8 a 10	358.9	641.3	2.7
11 a 15	818.9	1 464.6	6.1
16 a 20	437.1	783.8	3.3
21 a 25	35.3	62.3	0.2
Más de 25	352.4	631.1	2.6

## Elementos técnicos para la instrumentación

La tecnología desarrollada para potabilizar agua requiere de los siguientes componentes de limpieza y tratamiento: a) rejillas de filtración ubicadas en las vialidades; b) trampa de basura; c) trampa de grasa; d) cisternas de recepción; e) sistema de monitoreo y estimación; f) sistema de filtración en múltiples etapas, g) cárcamo

donde se registran entre cuatro y seis personas con un ingreso de hasta dos salarios mínimos (225 848 habitantes); la oferta potencial o el volumen de captura es de más de 23 millones de m<sup>3</sup>.

En este escenario, se considera que los volúmenes de captura, tratamiento, almacenamiento, distribución e infiltración requieren un espacio por Uma de 1300 a 3200 m<sup>2</sup>, en los que sobresalen cisternas de 6 250 m<sup>3</sup> y 12 500 m<sup>3</sup> necesarios para

Cuadro 2: Demanda efectiva de agua para población con un ingreso de hasta dos salarios mínimos. Elaboración propia, basada en Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, 2005. SCINCE por colonias.

Colonias Numero	Población económicamente activa Ingreso de hasta 2 salarios mínimos		Demanda efectiva Millones de m <sup>3</sup>
87	4 de cada 10	149 404	8.17
45	6 de cada 10	76 444	4.18
132		225 848	12.36

<sup>29</sup>S. Garrido, M. Avilés, A. Ramírez, L.A. Barrera, A. González, L. Montellano, et al. (2004), *op. cit.* Organización Mundial de la Salud, *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de Filtración en múltiples etapas*, Lima, Organización Mundial de la Salud, 2005, p. 6.

cubrir una demanda efectiva de 12.36 millones de m.<sup>3</sup>

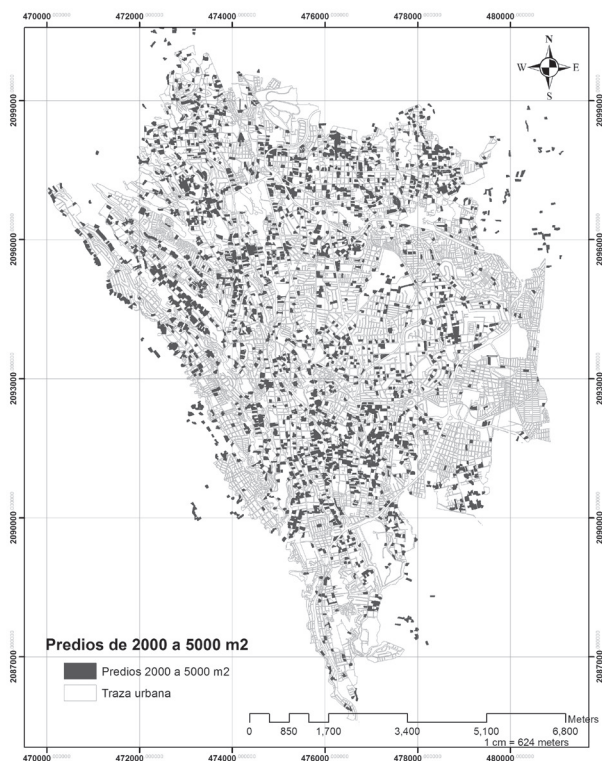
Para considerar las Uma como un equipamiento urbano ambiental, es necesario revisar la distribución; plantear su área servida y revisar la posibilidad de instalación, es decir, en predios baldíos, con determinada superficie o aquellos que sean objeto de expropiación. Se considera a la ciudad como el espacio de distribución para hacer una aproximación a estas particularidades. El área servida incluye principalmente a la población con menor capacidad de recursos, y los emplazamientos se determinan con base en el análisis del plano catastral de la ciudad,

además de la fotointerpretación de ortofotos digitales para identificar los predios baldíos con una superficie entre 2000 y 5000 m<sup>2</sup>, de los cuales se detectan 2 772

La distribución y el emplazamiento de la Uma también es objeto de diferentes escenarios. Es decir, puede considerarse que la demanda total de agua puede ser provista o por el contrario fundamentada en una planeación estratégica como la que se plantea.

Con base en el emplazamiento diferenciado es posible atender a los sectores con menores ingresos, donde el consumo es doméstico principalmente. Esto implica 87 colonias de la ciudad, incluyendo

Mapa 2; Predios de 2000 a 5000 m<sup>2</sup>. Elaboración propia basada en Secretaría de finanzas, 2007 Plano catastral. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, 2007. Ortofotos digitales.

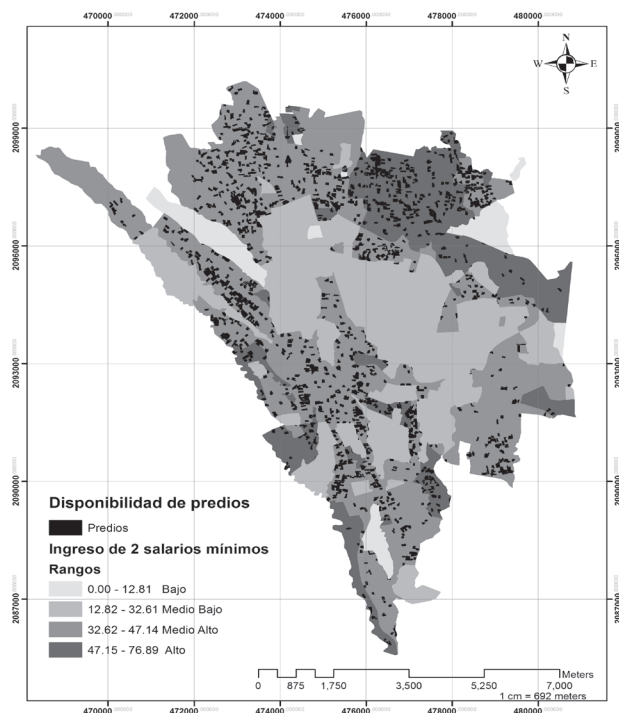


aquellas con mayor densidad de población cuya demanda se estima en 1% del volumen total requerido.<sup>30</sup> Por el contrario, el consumo en los mayores ingresos se concentra principalmente en el mantenimiento de jardines y equipamientos deportivos.

En el escenario de aprovechar solamente los predios de 5000 m<sup>2</sup>, se tiene un potencial de captura de 0.81 millones de m<sup>3</sup>, considerando cisternas pluviales de 12 500 m<sup>3</sup>. Es decir, 65 predios de 1 939 posibles, y con una capacidad para atender cerca de 1% de la demanda efectiva generada en los sectores donde se tiene menor nivel de ingreso.

Finalmente, la provisión de un equipamiento de esta naturaleza tiene un costo aproximado por unidad entre 19.5 y 48 millones de pesos, es decir un total de 3 120 millones de pesos para mitigar dos problemas particularmente relevantes en Cuernavaca: la falta de disponibilidad del recurso para la mano de obra ocupada en los sectores más productivos, y los costos por los eventos meteorológicos. De hecho, plantear un proyecto para el total de la población con menor nivel de ingreso o asentada en las colonias de mayor densidad de la ciudad, equivale a 4.71% de los recursos designados en 2010 por el Fondo

Mapa 3. Predios disponibles en los mayores rangos de población con un ingreso de hasta dos salarios mínimos. Elaboración propia basada en Secretaría de finanzas, 2007. Plano catastral. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, 2007. Ortofotos digitales. IRIS SCINCE por colonias. II conteo de población y vivienda, 2005



<sup>30</sup> Las más densamente pobladas incluyen Santa María Ahuacatitlan, centro, Acapantzingo, Vicente Estrada Cajigal, Tétela del Monte y Palmira. Santa Maria en particular requiere 1.31 millones de m<sup>3</sup> para abastecerse. Aquellas que además de la densidad tienen el menor nivel de ingreso son: Antonio Barona centro, Ocoatepec, Antonio Barona sección 1, Ahuatepec, Lagunilla, Revolución y Plan de Ayala. De las cuales Antonio Barona requiere 0.91 millones de m<sup>3</sup>.

de Desastres Naturales (FONDEN) para todo el país,<sup>31</sup> mismos que serían del orden preventivo en caso de utilizarse para dicho equipamiento. La valoración de equipamientos preventivos es una medida urbana concreta cuyos costos los hacen factibles, dadas las circunstancias actuales.

## Reflexiones preliminares

La provisión de agua en cantidad y calidad suficiente es uno de los principales retos de las aglomeraciones humanas para las siguientes décadas. En el caso ejemplar del Distrito Federal, se observan importantes efectos regionales derivados de la extracción. Las soluciones técnicas son predominantemente desde el enfoque de la demanda; se explotan nuevas fuentes, y se construyen redes con mayor capacidad para mantener o incrementar el aprovisionamiento. No obstante, la eficiencia del uso, la cultura de la conservación, la reducción del desperdicio ocasionado en las redes o por el contrario, el aprovechamiento de la captura pluvial son estrategias emergentes y poco exploradas.

El urbanismo o la planeación en particular, cumplen un papel importante para impulsar o proyectar esquemas de tal naturaleza. Es decir, afectando positivamente la capacidad natural de aprovisionamiento, con base en la reducción de los volúmenes de extracción de las fuentes locales, y en el aprovechamiento de la precipitación. En esta medida, se provee una estrategia metodológica para la ciudad de Cuernavaca, cuyas principales contingencias tienen que ver con dos dificultades concretas: la falta de disponibilidad de

agua en los sectores de menor nivel de ingreso, y los crecientes costos de restauración derivados de eventos meteorológicos.

Con base en un análisis de las particularidades locales, se observa que es posible instrumentar un esquema de recuperación pluvial que cumpla los propósitos de aprovechamiento e infiltración, pero también de mitigación de daños materiales ocasionados en la temporada de lluvia. A reserva de mencionar que las estrategias de captura pluvial no son comunes en el sistema urbano nacional, resulta demostrativo el razonamiento utilizado para el análisis, no como una metodología para seguir a pie juntillas, pero si para evidenciar que existe un trabajo muy extenso por explorar desde la disciplina del urbanismo.

Finalmente, la parte más relevante de un proyecto urbano ambiental tiene que ver con la asignación de presupuestos. Existe poca inversión del estado en proyectos que proveen un esquema muy limitado de capitalización; al respecto, la accesibilidad y el potencial de circulación de mercancías o insumos resulta predominante, para ello se plantean segundos pisos, pasos a desnivel, entronques, infinidad de posibilidades viales como alternativas homogéneas de desarrollo urbano. Dada la evidencia, el costo del emplazamiento de un equipamiento urbano ambiental es equivalente a la cantidad provista por el Fondo de Desastres Naturales para atender a un estado solamente. Los costos de restauración demuestran un incremento constante, lo cual manifiesta serias dificultades para la sociedad. Debido a ello, la instrumentación de medidas preventivas tiene que volverse una práctica disciplinaria común.

<sup>31</sup> Informe de recursos autorizados en 2010, Sistema Nacional de Protección Civil, (2010).